

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 04-344601

(43)Date of publication of application : 01.12.1992

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

G02B 6/26

H04J 14/02

(21)Application number : 04-040399

(71)Applicant : SIEMENS AG

(22)Date of filing : 29.01.1992

(72)Inventor : CREMER CORNELIUS

EMEIS NORBERT

MAHLEIN HANS

(30)Priority

Priority number : 91 4103095

Priority date : 01.02.1991

Priority country : DE

91 4105465

21.02.1991

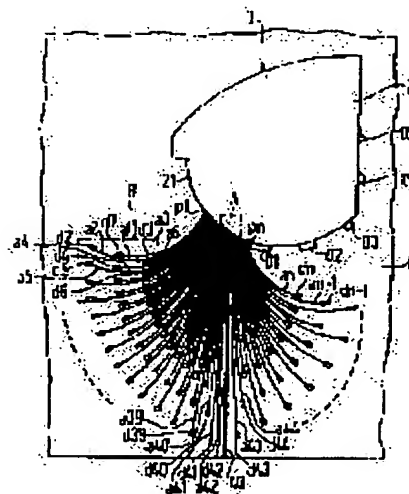
DE

**(54) INTEGRATED OPTICAL DEVICE FOR BRANCHING OF PLURAL DIFFERENT WAVELENGTH CHANNELS AND ITS PRODUCTION**

(57)Abstract:

PURPOSE: To decompose optical wavelength channels with respect to spectrum and to simultaneously detect them by optically coupling output waveguides to output points and leading wavelength channels outputted from a layered waveguide to photodetectors.

CONSTITUTION: Plural inputted different wavelength channels are led to a diffraction grating 3 in a layered waveguide 2 and are spatially separated from one another by dispersive diffraction to different directions. Dispersively diffracted wavelength channels are led to plural output points P1 to Pn, which are spatially separated from one another, on an edge 21 in the layered waveguide 2 and are outputted to the layered waveguide 2. Output waveguides a1 to an are constituted in a form of a band-shaped optical waveguide built on a substrate 1 and are optically coupled to output points P1 to Pn. Output waveguides a1 to an lead the wavelength channels outputted from the layered waveguide 2 at output points P1 to Pn to photodetectors d1 to dn built in the substrate 1.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than

BEST AVAILABLE COPY

the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-344601

(43) 公開日 平成4年(1992)12月1日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 6/12		F 7036-2K		
6/26		7132-2K		
H 0 4 B 9/00		E 8426-5K		

審査請求 未請求 請求項の数17(全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平4-40399

(22) 出願日 平成4年(1992)1月29日

(31) 優先権主張番号 P 4 1 0 3 0 9 5. 8

(32) 優先日 1991年2月1日

(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(31) 優先権主張番号 P 4 1 0 5 4 6 5. 2

(32) 優先日 1991年2月21日

(33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 390039413

シーメンス アクチエンゲゼルシャフト

SIEMENS AKTIENGESEL  
LSCHAFT

ドイツ連邦共和国 ベルリン 及び ミュ  
ンヘン (番地なし)

(72) 発明者 コルネリウス クレーマー

ドイツ連邦共和国 8021 ボイニング コル  
ンブルーメンヴェーク12

(72) 発明者 ノルベルト エマイス

ドイツ連邦共和国 8000 ミュンヘン 90  
バラシユトラーセ 63

(74) 代理人 弁理士 富村 潔

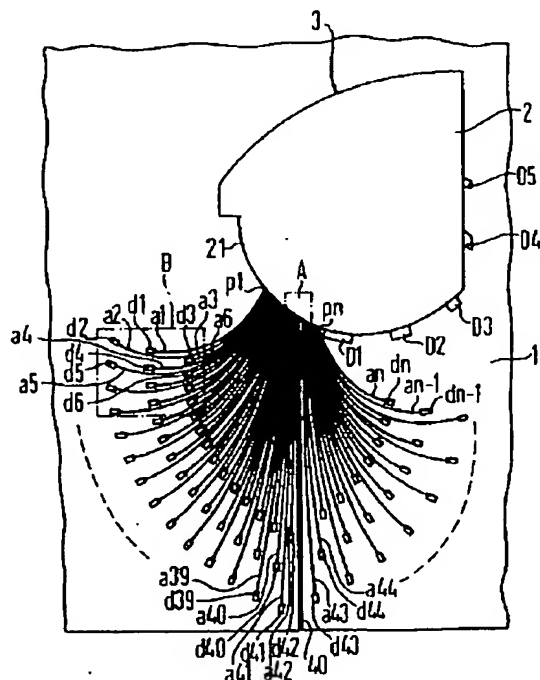
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複数の異なる波長チャネルの分波のための集積光学装置とその製造方法

(57) 【要約】

【目的】 供給される光波長チャネルをスペクトル的に分解するばかりでなく、スペクトル的に分解された光を同時に光検出器で検出できるようにする。

【構成】 出力点  $p_1 \sim p_n$  には基板 1 上に組み込まれた帯状光導波路の形に構成された出力導波路  $a_1 \sim a_n$  が光学的に結合され、この出力導波路が出力点  $p_1 \sim p_n$  で層状導波路 2 から出力される波長チャネル  $\lambda_1 \sim \lambda_n$  を基板 1 上に組み込まれた光検出器  $d_1 \sim d_n$  へ導く。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板(1)上に組み込まれ縁(21)により画成された光層状導波路(2)を備え、この層状導波路が縁(21)上に形成された光回折格子(3)を有する複数の異なる光波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )を分波するための集積光学装置であって、複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )がこれらのチャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )に共通に従属する層状導波路(2)の縁(21)上の少なくとも一つの入力点(10)に入力され、この入力点(10)に入力された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )が層状導波路(2)中で回折格子(3)へ導かれ、回折格子(3)が格子に供給された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )を異なる方向( $r_1$ 、 $r_2$ ・・・ $r_n$ )への分散回折により空間的に相互に分離し、回折格子(3)により種々の方向( $r_1$ 、 $r_2$ ・・・ $r_n$ )へ分散回折された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )が層状導波路(2)中で層状導波路(2)の縁(21)上の空間的に相互に分離した複数の出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )へ導かれ、各出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )でこの出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )へ供給された波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )が層状導波路(2)から出力される集積光学装置において、出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )には基板(1)上に組み込まれた帯状光導波路の形に構成された出力導波路( $a_1$ 、 $a_2$ ・・・ $a_n$ )が光学的に結合され、この出力導波路が出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )で層状導波路(2)から出力される波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )を基板(1)上に組み込まれた光検出器( $d_1$ 、 $d_2$ ・・・ $d_n$ )へ導くことを特徴とする複数の異なる光波長チャネルの分波のための集積光学装置。

【請求項2】 回折格子(3)が集束性光学格子の形で形成され、分散回折させられた波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )を出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )上へ集束することを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項3】 基板(1)上に組み込まれ縁(21)により画成された光層状導波路(2)を備え、この層状導波路が縁(21)上に形成された光回折格子(3)を有する複数の異なる光波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )を分波するための装置であって、複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )がこれらのチャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )に共通に従属する層状導波路(2)の縁(21)上の少なくとも一つの入力点(10)に入力され、この入力点(10)に入力された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )が層状導波路(2)中で回折格子(3)へ導かれ、回折格子(3)が格子に供給された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )を異なる方向( $r_1$ 、 $r_2$ ・・・ $r_n$ )への分散回折により空間的に相互に分離し、

2

回折格子(3)により種々の方向( $r_1$ 、 $r_2$ ・・・ $r_n$ )へ分散回折された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )が層状導波路(2)中で層状導波路(2)の縁(21)上の空間的に相互に分離した複数の出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )へ導かれ、各出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )でこの出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )へ供給された波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )が層状導波路(2)から出力される特に請求項1又は2に記載の装置において、波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )が基板(1)上に組み込まれた帯状光導波路の形の並べて導かれた一つ又は複数の入力導波路(40)により層状導波路(2)の縁(21)上の少なくとも一つの入力点(10)に供給されることを特徴とする装置。

【請求項4】 基板(1)上に組み込まれ縁(21)により画成された光層状導波路(2)を備え、この層状導波路が縁(21)上に形成された光回折格子(3)を有する複数の異なる光波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )を分波するための装置であって、複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )がこれらのチャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )に共通に従属する層状導波路(2)の縁(21)上の少なくとも一つの入力点(10)に入力され、この入力点(10)に入力された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )が層状導波路(2)中で回折格子(3)へ導かれ、回折格子(3)が格子に供給された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )を異なる方向( $r_1$ 、 $r_2$ ・・・ $r_n$ )への分散回折により空間的に相互に分離し、回折格子(3)により種々の方向( $r_1$ 、 $r_2$ ・・・ $r_n$ )へ分散回折された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )が層状導波路(2)中で層状導波路(2)の縁(21)上の空間的に相互に分離した複数の出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )へ導かれ、各出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )でこの出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )へ供給された波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )が層状導波路(2)から出力される特に請求項1ないし3の一つに記載の装置において、基板(1)上に少なくとも一つの光増幅器(4)が組み込まれ、この光増幅器が光検出器に供給しようとする波長チャネル( $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ ・・・ $\lambda_n$ )の一つ又は複数の光学的に増幅することを特徴とする装置。

【請求項5】 光増幅器(4)が入力導波路(40)及び/又は出力導波路( $a_1$ 、 $a_2$ ・・・ $a_n$ )中に形成されていることを特徴とする請求項4記載の装置。

【請求項6】 出力点( $p_1$ 、 $p_2$ ・・・ $p_n$ )から異なる光検出器( $d_1$ 、 $d_2$ ・・・ $d_n$ )へ通じる出力導波路( $a_1$ 、 $a_2$ ・・・ $a_n$ )が空間的に相違さるよう導かれることを特徴とする請求項1ないし5の一つに記載の装置。

【請求項7】 光検出器( $d_1$ 、 $d_2$ ・・・ $d_n$ )がホ

トダイオードの形で形成され、このホトダイオードが漏洩波結合によりこのダイオードに通じる出力導波路 ( $a_1, a_2 \dots a_n$ ) に光学的に結合されていることを特徴とする請求項1ないし6の一つに記載の装置。

【請求項8】 基板(1)上に組み込まれ縁(21)により画成された層状導波路(2)を備え、この層状導波路が縁(21)上に形成された光回折格子(3)を有する複数の異なる光波長チャネル( $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ )を分波するための装置であって、複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ )がこれらのチャネル(2)の縁(21)上の一方の入力点(10)に入力され、この入力点(10)に入力された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ )が層状導波路(2)中で回折格子(3)へ導かれ、回折格子(3)が格子に供給された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ )を異なる方向( $r_1, r_2 \dots r_n$ )への分散回折により空間的に相互に分離し、回折格子(3)により種々の方向( $r_1, r_2 \dots r_n$ )へ分散回折された複数の異なる波長チャネル( $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ )が層状導波路(2)中で層状導波路(2)の縁(21)上の空間的に相互に分離した複数の出力点( $p_1, p_2 \dots p_n$ )へ導かれ、各出力点( $p_1, p_2 \dots p_n$ )でこの出力点( $p_1, p_2 \dots p_n$ )へ供給された波長チャネル( $\lambda_1, \lambda_2 \dots \lambda_n$ )が層状導波路(2)から出力される特に請求項1ないし7の一つに記載の装置において、個々の光波長チャネル( $\lambda_0$ )を作り出すために基板(1)上に組み込まれた一つ又は複数の光送信器(8)を備え、その際個々の波長チャネル( $\lambda_0$ )が層状導波路(2)の縁(21)上の他方の入力点(100)で層状導波路(2)の中へ入力され、その際層状導波路(2)に入力された個々の波長チャネル( $\lambda_0$ )が層状導波路(2)中で回折格子(3)へ導かれ、回折格子(3)が個々の波長チャネル( $\lambda_0$ )を一方の入力点(10)へ向かう方向( $r_e$ )へ偏向し、回折格子(3)により偏向された個々の波長チャネル( $\lambda_0$ )が層状導波路(2)中で一方の入力点(10)へ導かれ、この一方の入力点(10)で層状導波路(2)から出力されることを特徴とする集積光学装置。

【請求項9】 光送信器(8)が一つ又は複数の半導体レーザの形で構成されていることを特徴とする請求項8記載の装置。

【請求項10】 回折格子(3)が集束性光学格子の形で構成され、この格子が偏向された個々の波長チャネル( $\lambda_0$ )を一方の入力点(10)上に集束することを特徴とする請求項8又は9記載の装置。

【請求項11】 出力導波路( $a_1, a_2 \dots a_n$ )が帯状導波路の形で構成されていることを特徴とする請求項1ないし10の一つに記載の装置。

【請求項12】 入力導波路(40)がリッジ導波路の

形で構成されていることを特徴とする請求項3又は5ないし11の一つに記載の装置。

【請求項13】 光検出器( $d_1, d_2 \dots d_n$ )が基板(1)のメサ形に隆起した領域(119)上に形成されていることを特徴とする請求項1ないし12の一つに記載の装置。

【請求項14】 基板(1)上に少なくとも一つの光導波層(102)、光導波層(102)を覆うカバー層(103)、カバー層(103)を覆う吸収層(104)及び吸収層(104)を覆う接触層(105)から成る層群が作り出され、接触層(105)が少なくともホトダイオード( $d_1, d_2 \dots d_n$ )のために設けられた局部領域に導波層(102)の下方に設けられたドーピングに比べて逆性のドーピング(109)を備え、接触層(105)が局部領域に電極(108)を備え、層群が局部領域の外側で接触層(105)及び吸収層(104)の除去によりカバー層(103)まで切り詰められ、それにより局部領域中へメサ形にカバー層(103)から突出しドープされ接触させられた接触層(105)及び吸収層(104)を有する隆起した領域(119)が残っており、漏洩波結合により導波層(102)に結合された各一つのホトダイオード( $d_1, d_2 \dots d_n$ )がこの領域により画成され、メサ形に隆起された領域(119)の外側の切り詰められた層群の領域には回折格子(3)を備える層状導波路(2)及び帯状導波路( $a_1, a_2 \dots a_n, 40$ )がカバー層(103)及び導波層(102)の領域ごとの除去により、導波路(2、 $a_1, a_2 \dots a_3, 40$ )の領域に導波層(102)及びカバー層(103)が残っているように作り出されることを特徴とする請求項7又は11ないし13の一つに記載の装置の製造方法。

【請求項15】 基板(1)上には少なくとも一つの導波層(102)及びこの導波層(102)を覆うカバー層(103)から成る層群が作られ、カバー層(103)がホトダイオード( $d_1, d_2 \dots d_n$ )のために設けられた局部領域で導波層(102)まで、カバー層(103)が局部領域の外に残っているように除去され、局部領域では露出した導波層(102)上に吸収層(104)が作られ、吸収層(104)上に導波層(102)の下方に設けられたドーピングに比べて逆性のドーピング(109)を有する接触層(105)が作られ、ホトダイオード( $d_1, d_2 \dots d_n$ )のために設けられた局部領域中にドープされた接触層(105)が接触させられ、局部領域の外では回折格子(3)を備える層状導波路(2)及び帯状導波路( $a_1, a_2 \dots a_n, 40$ )がカバー層(103)及び導波層(102)の領域ごとの除去により、導波路(2、 $a_1, a_2 \dots a_n, 40$ )の領域に導波層(102)及びカバー層(103)が残っているように作り出されることを特徴とする請求項7又は11ないし13の一つに記載の装置

の製造方法。

【請求項16】 基板上に少なくとも光導波層(102)、光導波層(102)を覆う吸収層(104)及び吸収層を覆う接触層(105)から成る層群が作られ、接触層(105)及び吸収層(104)は領域ごとに導波層(102)まで、吸収層(104)及び接触層(105)がホトダイオード( $d_1, d_2 \dots d_n$ )のための局部領域中に残っているように除去され、局部領域の外では導波層(102)がカバー層(103)により覆われ、ホトダイオード( $d_1, d_2 \dots d_n$ )のために設けられた局部領域中で導波層(102)の下方に設けられたドーピングに比べて逆性のドーピング(109)を備える接触層(105)が接触させられ、局部領域の外で回折格子(3)を有する層状導波路(2)及び帯状導波路( $a_1, a_2 \dots a_n, 40$ )がカバー層(103)及び導波層(102)の領域ごとの除去により、導波路(2)、 $a_1, a_2 \dots a_n, 40$ の領域に導波層(102)及びカバー層(103)が残るように作られることを特徴とする請求項7又は11ないし13の一つに記載の装置の製造方法。

【請求項17】 カバー層(103)及び導波層(102)の領域ごとの除去のためにカバー層(103)がマスク層(107)により覆われ、このマスク層が回折格子(3)を備える層状導波路(2)及び帯状導波路( $a_1, a_2 \dots a_n, 40$ )を画成して覆い、入力導波路(40)を画成するマスク層(107)がカバー層(103)の側方領域を一緒に覆う第2のマスク層により覆われ、カバー層(103)及び導波層(102)がマスク層(107)及び第2のマスク層の下方に残っているように、カバー層(103)及び導波層(102)が領域ごとに除去され、第2のマスク層が除去され、カバー層(103)がマスク層(107)の下に残っているように、カバー層(103)が第2のマスク層により一緒に覆われて露出している側方の領域中で導波層(102)まで除去されることを特徴とする請求項14ないし16の一つに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、基板上に組み込まれ縁により画成された光層状導波路を備え、この層状導波路が縁上に形成された光回折格子を有する複数の異なる光波長チャネルを分波するための集積光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 光の波長多重法はガラスファイバの伝送容量を著しく高めることができる。これは光の多重チャネル技術の問題なので容易に個々の光波長チャネルにさかのぼることができる。この技術の広い普及のためには特に信頼性が高くかつ特に経済的な送受信モジュールの開発が必要である。

【0003】 約5nmのチャネル間隔のための従来技術は異なる波長チャネルをスペクトル的に分解する光回折格子を備えた複数の異なる光波長チャネルの分波のための集積光学装置を備える。これらの装置はSiO<sub>2</sub>中に構成されている(例えばドイツ連邦共和国特許出願公開第3913242号明細書;ヘンリー(C.H. Henry)ほかの論文「4チャネル波長分割マルチプレクサ及び楕円形ブラッグ反射体に基づく帯域フィルタ」J. L.T., 第8巻, 第5号(1990年), 第748~755ページ;バレット(S. Valette)の論文「受動光学部品を得るためのLETIにおける集積光学技術の状況」ジャーナルオブモダンオプティクス(Journ. of modern optics), 第35巻, 第6号(1988年), 第993~1005ページ参照)。高い次数を有するInGaAsP/InP中のこの種の装置も知られている(ギボン(M. Gibbon)ほかの論文「InPをベースとする導波路上の集積された1.5μm格子波長マルチプレクサの光学的性能」エレクトロニクスレターズ(Electron. Lett.), 第25巻(1989年), 第1441~1442ページ参照)。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 この発明に共通な考え方は、基板上に組み込まれ縁により画成され縁上に形成された光回折格子を備える光層状導波路を有する複数の異なる波長チャネルを分波するための集積光学装置において、基板上に別の光学要素を補助的に組み込むことによりその機能特性を改善し、その際装置のコンパクトさ及び技術的な製造性を損なうことなく、これらの別の光学要素を個々に又は相互に組み合わせて基板上に組み込むことができるようにすることである。

【0005】 この発明の課題は、供給された光波長チャネルをスペクトル的に分解するばかりでなくスペクトル的に分解されたチャネルの光を同時に光検出器で検出できるような、光回折格子を備えた複数の異なる光波長チャネルを分波するための容易に製造可能でかつコンパクトな集積光学装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 この課題はこの発明に基づき、出力点には基板上に組み込まれた帯状光導波路の形に構成された出力導波路が光学的に結合され、この出力導波路がこの出力点で層状導波路から出力される波長チャネルを基板上に組み込まれた光検出器へ導くことにより解決される。

【0007】

【作用効果】 この発明により得られる長所は特に、光のデマルチプレクサが光検出器と共に共通な基板上に集積され、その際すべての波長チャネルを並列に受信できるような、信頼性の高い特に経済的な受信モジュールが得られるということにある。

【0008】 請求項1に記載の装置の請求項2に記載の

有利な構成は、補助的な減衰をもたらす基板上の面に負担をかけるレンズ又は鏡のような結像要素が省略されるという特長を有する。集束性格子のための多数の装置が存在する(ハットレイ(M. C. Hutley)の著書「回折格子、物理技術(Diffraction Gratings, Techniques of physics)」ニューハンプシャー州 アカデミック プレス、1982年3月発行参照)。スチグマチックに集束する格子は最高の解像度を(回折を制限されて)提供する。

【0009】請求項1又は2に記載の発明と組み合わせる請求項3に記載の発明は、装置の供給側の路線ファイバへのできる限り明確な結合を達成することにより、その際回折格子のできるだけ大きい領域を照らしそれにより高い解像度を得るために、供給されかつ入力された波長チャネルの光ができるだけ大きい発散で層状導波路中へ出射する。並べて導かれた複数の入力導波路の結合は、隣接する入力導波路への光入力の際に光検出器でのスペクトルの移動が達成され、従って適当な出力導波路の選択により所望の中心波長を一つの光検出器上に置くことができるという長所を提供する。

【0010】請求項1ないし3に記載の発明に組み合わせて実現できる請求項4に記載の発明は、集積光学装置の挿入減衰及び検出感度を改善し、及び/又はこの装置の回折格子の損失を補償することにある。

【0011】請求項4に記載の発明に基づく装置の長所は、増幅器のための補助的な調節を必要とせず従って費用が低減され、装置とファイバとの間の補助的な結合損失を生ぜず、それにより約25dBの光半導体増幅器の全内部増幅が利用され、光増幅器の一方の面上を吸光性光検出器例えばホトダイオードにより閉じることができ、それにより0.1%未満の戻り反射を達成することができるということにある。

【0012】請求項4に記載の装置の有利な構成が請求項5に記載されている。光増幅器としての入力導波路の構成は、増幅器ノイズが次に続く回折格子により光検出器上に分散されそれにより検出器当たり低減されるという長所を提供する。この光増幅器が回折格子と光検出器との間に配置されるような光増幅器としての出力導波路の構成は、波長チャネルの間に補助的な漏話が発生せず、すべてのチャネルに対し非常に高い増幅が可能であり、増幅器をそれぞれのチャネル波長に適合することができるという長所を提供する。

【0013】請求項4又は5に記載の発明に基づく集積光学装置の光増幅器は、増幅器がまた請求項5の場合には入力及び出力導波路が固有の層群の選択エピタキシーにより成長させられ続いてパターン形成されるように加工できるので有利である。導波路・増幅器集積の技術的方法は導波路・レーザ集積の方法に相応しそこから借用することができる。光増幅器のための他の有利な製造方法は、光検出器例えばホトダイオードが増幅器と同じ層

群から成るということにある。この方法の場合に増幅器のために補助的なエピタキシーは必要でない。検出器として用いられる光増幅器の作動方式は、例えばグスタフソン(M. Gustavsson)ほかの論文「進行波半導体レーザ増幅検出器(Traveling wave semiconductor laser amplifier detectors)」アイトリブルイー第LT8巻(1990年)、第610~616ページに記載されている。200Mb/sのデータレートまでこれらの検出器がpinホトダイオードと対等であることがこの論文から読み取れる。

【0014】請求項6に記載の発明の構成は、光検出器特にその電極のための場所が得られ、高いビットレートで分離導出するために電線を使用する場合に高い容量性漏話として生じる漏話が避けられるという長所を有する。

【0015】この発明の請求項7に記載の構成は製造技術的な長所を提供する。

【0016】しかし請求項1、2に記載の発明に関する請求項6、7に記載の構成は、他のすべての発明及びその実施態様と組み合わせても実現可能である。

【0017】請求項8に記載の発明は、双方向運転のための複数の異なる光波長チャネルを分波するための集積光学装置を提供することにある。

【0018】波長多重伝送による双方向光多重チャネル系では、複数の波長チャネルが電話局から加入者へまた一つ又は複数の波長チャネルが加入者から電話局へ伝送される。干渉フィルタ及び回折格子を備える一連のマイクロ光学装置が知られており(マーレイン(H. F. Mahlein)の論文「波長分割多重モードにおけるファイバ光通信(Fibre-optic communication in the wavelength-division multiplex mode)」ファイバ アンド インテグレートッド オプティックス(Fibre and Integrated Optics)、第4巻、第339~372ページ(1983年)参照)、これらの装置はこの目的のために使用可能である。この顕微鏡的構成は加入者端末に対して不可欠なほど経済的には製造することができない。

【0019】請求項8に記載の発明により、経済的に製造され電話局から加入者への複数の波長チャネルのまた加入者から電話局への単一の又は複数の波長チャネルの波長多重伝送を伴う双方向光多重チャネル装置における加入者端末のために採用可能な経済的なデバイスが提供される。

【0020】請求項8に記載の発明の有利な構成が請求項9、10に記載されている。

【0021】請求項8に記載の発明は一般的に請求項9又は10に記載の構成において、その他のすべての発明及びその実施態様と共に実現可能である。

【0022】特に製造技術的に有利である出力導波路、入力導波路及び光検出器の有利な構成は請求項11ないし13に記載されている。

【0023】この発明に基づく集積光学装置の請求項14ないし17に記載の有利な製造方法は請求項7に記載の発明に関し、その際この方法により特に請求項11ないし13に記載の装置を容易に製造することもできる。

【0024】すべての前記方法はIII・V族半導体材料及びエピタキシー加工に適している。請求項14に記載の方法は製造のために1回のエピタキシー工程しか必要としないという長所を有する。請求項15、16に記載の方法の場合には確かに2回のエピタキシー工程が必要であるが、しかしこれらの工程により偏向分散の減少した集積光学装置を容易に製造できる。請求項16に記載の方法は請求項15に記載の方法とは、必要な両エピタキシー工程の順序が交換されているということだけにより異なっている。

【0025】請求項17に記載の方法によれば容易に請求項11、12に記載の導波路構造を同時に製造できる。請求項11、12では帯状導波路は帯状導波路の幅が導波層自体の幅により決定されるような導波路を意味し、他方ではリッジ導波路は帯状導波路の幅がリッジを形成する導波層上のカバー層の幅により決定されることを意味する。帯状導波路は導波路が幅より長く、光波が主としてこの導波路の長手方向にだけ導かれるということの意味する。

【0026】

【実施例】次にこの発明に基づく集積光学装置の複数の実施例を示す図面により、この発明を詳細に説明する。

【0027】図1に示す実施例の場合には基板1上に、回折格子3を備えた層状導波路2、複数の入力導波路40、多数の出力導波路a1～an及び多数の光検出器d1～dnが集積されている。図2に示した部分図Aによれば、並んで延びる10本の入力導波路40が層状導波路2の縁21上の各一つの入力点10へ通じている。図4に示すように例えば入力導波路40はリッジ導波路の形で構成され、また出力導波路a1～anはストリップ導波路の形で構成されている。

【0028】各出力導波路はそれに従属する出力点p1～pnから出力導波路に付設された光検出器d1～dnへ通じる。

【0029】各図においてnは任意の自然数を意味する。波長チャンネル $\lambda_1 \sim \lambda_n$ の場合にはnは多重化しようとするこれらのチャンネルの数を意味する。図1及び図7においてnは光検出器及び出力導波路の数を意味する。n個の波長チャンネルを分波できるようにするために、少なくともn本の出力導波路及び少なくともn個の光検出器を設けなければならない。図1ではn=63本の出力導波路及び出力導波路と結合されたn=63個の光検出器が基板1上に集積されている。

【0030】分波しようとする波長チャンネル $\lambda_1 \sim \lambda_n$ は入力導波路40へ入力されて従属する入力点10へ導かれ、ここで波長チャンネルは層状導波路2中へ入力され

る。層状導波路2中では波長チャンネル $\lambda_1 \sim \lambda_n$ は層状導波路2の縁21の一部分上に形成された回折格子へ導かれる。格子3は図7に実寸によらず誇張して示されるように、縁21の当該部分が曲線に沿ってのこぎり波形に延びる集束性格子とするのが有利である。

【0031】格子は供給された波長チャンネル $\lambda_1 \sim \lambda_n$ をスペクトル的に分解する。格子によりスペクトル的に分解されたチャンネル $\lambda_1 \sim \lambda_n$ は、層状導波路2により層状導波路2の縁21の出力導波路a1～anへ向かう方向へ導かれる。集束性格子3は各波長チャンネルが層状導波路の縁21上の従属する出力点上に集束されるということをもたらす。この出力点に結合された出力導波路は分光写真器の場合の出口間隙のように働き一つの波長チャンネルに相応する。出力導波路の幅又は出力導波路の間隔はチャンネル幅又はチャンネル間隔を決定する。

【0032】各出力導波路はこれに入力された波長チャンネルを導波路に結合されている光検出器へ導く。光検出器はこのチャンネルを検出する。

【0033】次に例として図1に示す実施例の製造方法を説明する。

【0034】図5に示すようにInPから成る基板1上に、InPから成り直接基板1上に被覆されしかし必ずしも必要であるとは限らないバッファ層101、バッファ層101上のInGaAsPから成る導波層102、導波層102上のInPから成るカバー層103、カバー層103上のInGaAsから成る吸収層104及び吸収層104上のInPから成る接触層105を備える層群が被覆される。接触層105上には例えばSiN<sub>x</sub>から成りCVD法により作り出すことができる不活性化層が被覆される。

【0035】第1のパターン面上ではホトダイオードの形の光検出器のために用いられる局部領域に局部的なドーピング109が行われ、このドーピングはn形にドーピングされた基板1の場合にはp形ドーピングであり、p形にドーピングされた基板1の場合にはn形ドーピングである。このドーピングは拡散又はイオン注入により行うことができる。接触層105がエピタキシー中に既にドーピングして製造されるときには、この第1のパターン面は省略することができる。このことは一層簡単な構造をもたらすが、しかしホトダイオードの安定性上の問題を招く。なぜならばヘテロ接合でのpn接合が、この方法の際に生じるメサ形の隆起した領域119の側面に露出するからである。

【0036】第2のパターン面上では局部領域でドーピングされた接触層105が接触させられる。例えばTiPtAuから成る電極パッド108がパターン形成され、これらのパッド108は例えば公知のリフトオフ技術により加工され、接触層105が不活性化層106中の孔116を貫いて接触する。

【0037】第3のパターン面上ではマスクとしての不



活性化層106を用いて、メサ形に隆起した領域119がカバー層103までのエッチングにより作られる。このエッチングは例えば $\text{CH}_4/\text{H}_2$ を用いた反応性イオンエッチングにより行うことができる。

【0038】第5のパターン形成面の場合には、層状導波路2、格子3、入力導波路40及び出力導波路a1～anがマスク層107により画成される。マスク層107は装置上に残っている不活性化層とすることができる。例えばマスク層107はCVD法により被覆される $\text{SiN}_x$ から成ることができる。

【0039】マスク層107のパターンは図2に平面図で示されている。

【0040】第4のパターン面のエッチングの前にまず第5のパターン面上で、入力導波路40のマスク層107がカバー層103のマスク層107の横に存在する領域を共に覆う図示されていない第2のマスク層により覆われる。この第2のマスク層は例えばホトレジストから成ることができる。

【0041】その後にはマスク層107及び第2のマスク層から解放された領域内で、エッチングが導波路102 20の下方に存在する深さまで行われる。このエッチングに対しても $\text{CH}_4/\text{H}_2$ による反応性イオンエッチングが適している。例えば $\text{O}_2$ ・中での焼却による第2のマスク層の除去の後に、入力導波路40がカバー層103の露出した側方領域のエッチングによりリッジ導波路としてエッチングされる。これもまた $\text{CH}_4/\text{H}_2$ による反応性イオンエッチングにより行うことができる。この工程で残りの導波路2及びa1～an並びに回折格子3も一層深くエッチングされる。

【0042】第6のパターン面上では、格子の回折効率 30を高めるために最後に回折格子3のエッチングされた正面が金属を蒸着される。このことは公知のリフトオフ技術により行うことができる。

【0043】代表的な製造方法の場合に層群は、1回のエピタキシーでホットダイオードと共に製造することができるように寸法を選択されている。1.05 $\mu\text{m}$ である導波路の材料のギャップ波長が偏光分散を少なく保つ。

【0044】代表的な方法により製造された装置の場合にパッファ層101は2 $\mu\text{m}$ を超える厚さを有する。導波路102は1.05 $\mu\text{m}$ のギャップ波長及び0.5 $\mu\text{m}$  40の厚さを有する。カバー層103の厚さは0.2 $\mu\text{m}$ である。吸収層の厚さは1 $\mu\text{m}$ であり、接触層の厚さは0.5 $\mu\text{m}$ である。すべてのこれらの層は1回のエピタキシー工程で被覆される。

【0045】InPから成る基板1はn形にドーブされるか、又は一層良好な高周波特性を得るために半絶縁性 50とすることができる。半絶縁性基板1を使用する場合には、ホットダイオードのn形領域の低抵抗の接続を可能にするために、パッファ層101の下半部はn形にドーブされる。n形電極を画成しかつp形電極を半絶縁性基板

上に引き出すために、更に補助的なパターン工程が必要である。n形にドーブされた基板1による方式は技術的に簡単である。

【0046】単一モードの入力導波路40の幅は0.2 $\mu\text{m}$ のリッジ高さの場合に、できるだけ多くの格子の溝を照らすために、光が入力点10で例えば $\pm 10^\circ$ のできるだけ大きい拡散角を伴って出射するように選ばれているこのことは高い解像度を意味する。隣接する入力導波路40への光入力の場合にスペクトルの移動をホットダイオードd1～dnで達成することができ、従って適当な入力導波路40の選択により所望の中心波長が一つのホットダイオード上に置かれる。

【0047】湾曲した回折格子3は、リソグラフィ法の解像度が与えられた場合に、できるだけ大きい分散を装置のできるだけ小さい次数で可能とするように寸法が選択されている。出力点p1～pnが接触する層状導波路2の縁21の部分はローランド円に相応する円弧である。

【0048】出力導波路の間隔は4nmのチャネル間隔 50に対して約10 $\mu\text{m}$ に選ばれている。出力導波路の幅はできるだけ大きく9 $\mu\text{m}$ に選ばれている。

【0049】出力導波路a1～anは1mmを超える半径を有する円弧上で相違さかるように導かれ、ついにこの導波路の間隔は50 $\times$ 100 $\mu\text{m}^2$ の面を有するボンディングパッドがホットダイオード上に設けられるように大きくなる。半絶縁性基板を用いる場合にホットダイオードは一層幅狭く構成することができる。なぜならばボンディングパッドはもはやホットダイオード自体の上に置かれないからである。出力導波路相互の必要な間隔はこの場合に、p形電極からボンディングパッドへの導体路の案内及び基板上でのその位置から生じる。パッドはウェッジボンディングにより配線できる。

【0050】ホットダイオードd1～dnは、第1に場所を節約し同時にパッドのできるだけ大きい間隔を保証するために、相前後して並ぶ三つの列上に配置される。それにより電氣的漏話が抑制される。

【0051】この実施例では最小に分解可能な格子周期は1.6 $\mu\text{m}$ である。この分解能の場合には1mrad/nmの分散が装置の第4の次数で可能である。回折格子3から第4次で又は第0又は第1又は第2又は第3の次数で回折される光は、同様にローランド円の近くで集束される。これらの光はホットダイオードD1～D5で検出できる。

【0052】これらのホットダイオードD1～D5はホットダイオードd1～dnと同様に製造することができ、受信されるチャネルの合計に相応する基準信号を受け取る。信号の強度は個々の次数における格子3の回折効率を表す。

【0053】ホットダイオードd1～dnの幅は、ボンディングパッドがダイオード自体の上に置かれるときに、

ボンディングパッドの大きさにより決定される。ほかの場合にはホットダイオードは約 $1.5\mu\text{m}$ の最小幅を有する。

【0054】偏光分散は約 $1\mu\text{m}$ の厚さを有する比較的に厚いカバー層103により約 $0.7\text{nm}$ に低減できる。分散の層の低減は続いてこのカバー層を金属により被覆することにより達成できる（ドイツ連邦共和国特許出願公開第3931705号明細書参照）。

【0055】分散を低減する厚いカバー層103を用いるにもかかわらずホットダイオードd1～dnの良好な効率を維持することができるようにするために、製造方法の前記の実施例は2回のエピタキシーで導波路2、a1～an、40のための固有の層群及びホットダイオードd1～dnのための固有の層群が成長させられるように変形される。

【0056】第1のエピタキシー工程では基板上にバッファ層101、導波層102及び $1\mu\text{m}$ の厚さを有するカバー層103が成長させられる。このカバー層103は第0番目のパターン形成工程で導波層2、a1～an、40を作り出そうとするところだけをすべてマスクされる。そして例えばHCl中での選択的エッチングにより、InPから成る厚いカバー層103がそのほかのすべてでInGaAsPから成る導波層102まで除去される。

【0057】次いで第2のエピタキシー工程でホットダイオードのための層群が、露出された導波層102上に選択的に成長させられる。この層群は $1\mu\text{m}$ の厚さを有するInGaAsから成る吸収層104及び $0.5\mu\text{m}$ の厚さを有するInPから成る接触層105から成る。

【0058】両エピタキシー工程は、どの順序が技術的に一層有利であるかに応じて逆の順序で実施することもできる。

【0059】次に水平なパターン形成が最初に述べた製造例の場合と同様に行われ、その際第1のパターン面が始められる。

【0060】前記製造例により製造された装置のスペクトルレンジは $1.3\mu\text{m}$ ないし $1.6\mu\text{m}$ のところにある。 $4\text{nm}$ のチャンネル間隔の場合に100チャンネルまでが利用できる。デマルチプレクサ及びホットダイオードのモノリシック集積によりこの装置では費用のかかりかつ敏感な調節が省略され、従って波長分割多重系のための受信モジュールとして適している。

【0061】図7に示されたこの発明に基づく装置は双方向運転のために適しており、主として一つ又は複数の補助光送信器8により図1に示す装置と異なっており、その際簡単のためにただ一つの送信器8が示されている。

【0062】図7に示す装置は加入者での双方向部分装置のために用いることができる。この装置は一つ又は複数の波長を送信し受信し複数の波長チャンネルに分波し、

その際送信波長と受信波長とは比較的広く分離して置かれる。例えば送信器8は約 $1.5\mu\text{m}$ の領域の波長 $\lambda_0$ で送信し、受信器は $1.28\mu\text{m}$ ないし $1.38\mu\text{m}$ の領域で $4\text{nm}$ のチャンネル間隔 $\Delta\lambda$ である。

【0063】受信器から路線ファイバ9を介して供給される光は光増幅器4として構成された入力導波路40により層状導波路2の縁21上の入力点10へ導かれ、入力点10で層状導波路2中へ入力される。層状導波路2中では光が入力導波路40の幅に基づく発散角を伴い横方向に自由に方向rへ伝播して回折格子3上に当たり、回折格子により光が出力点p1～pn上に集束される。

【0064】図1に示す実施例の場合と同様に、出力点p1～pnで層状導波路に自由に結合された出力導波路a1～anが異なる波長チャンネル $\lambda_1\sim\lambda_n$ をホットダイオードd1～dnへ導く。これらのホットダイオードd1～dnは約 $1.4\mu\text{m}$ のギャップ波長を有するInGaAsPから作られるのが有利であり、それにより $1.28\sim 1.38\mu\text{m}$ の領域の波長チャンネルの光が吸収され、これに反して $1.5\mu\text{m}$ の波長領域の光送信器8の光は透過させられ従って光電流へ変換されない。

【0065】回折格子は望ましくは半導体レーザの形で構成された光送信器8に関してリトロ波長を有するリトロ配置に置かれている。各送信チャンネルの半導体レーザは約 $1.53\mu\text{m}$ の放射波長のための活性層により構成されている。光共振器は一方の側面上を端面又はエッチングされた鏡により画成され、他方の側面上を送信波長の光に対し部分反射する鏡である格子により画成される。回折格子3の別の次数は送信波長の光を方向reへ入力点10へ向かって集束し、入力点ではこの光が入力導波路40中へ入力される。

【0066】製造公差を補整するために、図1に示す入力導波路40の場合と同様に複数のレーザ8を並べて配置することができるので、すべての場合にレーザの放射波長が回折格子3のリトロ波長のところに置かれる。

【0067】図7に示す装置の検出感度の向上のためにかつ回折格子3の損失を補償するために、入力導波路40が $1.3\mu\text{m}$ 付近の波長域のための光増幅器4として構成されている。

【0068】同じく検出感度を向上するために入力導波路4の端面41が波長領域 $1.28\sim 1.38\mu\text{m}$ に対し反射防止加工される。この端面41での反射防止層が $1.53\mu\text{m}$ の反射面として働くときにレーザの効率を高めることができる。この種の端面コーティングは例えば厚さ及び屈折率の異なる二つの層から成る。回折格子3の制限の無い実施例の場合に格子は下記のように寸法を選択される。すなわち格子周期は $1.5\mu\text{m}$ であり、放射方向r<sub>0</sub>と格子法線31との間の角度 $\theta_1$ は第5の回折次数で $52.36^\circ$ である（ブラッグ角ではない）。また波長 $1.53\mu\text{m}$ の光に対する第4の次数は格子3から方向reへ入力点10へ向かって放射され、

15

方向  $r$  は格子法線 31 と 28. 36° の角度  $\theta_1$  を成す。これはほとんどブラッグ角を意味する。

【0069】入力点 10 で屈折導波路 2 中へ入力される波長 1.3  $\mu\text{m}$  の光は方向  $r$  へ格子 3 上に当たり、方向  $r$  は格子法線 31 と 28. 36° の同じ角度  $\theta_1$  を成す。この光は第 5 図で主方向へ出力点  $p_1 \sim p_n$  へ向かって放射され、主方向は格子法線 31 と 60. 54° の角度  $\theta_2$  を成す（ブラッグ角）。波長 1.3  $\mu\text{m}$  の光は第 4 次で約 37° の角度のもとに著しく小さい回折効率により放射される（ブラッグ角ではない）。

【0070】格子はブラッグ角又はブレイズ角を有するので、入力導波路 40 からホトダイオード  $d_1 \sim d_n$  への 1.3  $\mu\text{m}$  付近の波長の光の結合が最適化される。このために格子の溝の光沢を発生させる面が格子法線 31 に対し 44. 45° の角度のもとに切り出される。

【0071】図 7 では簡単のために  $n=4$  が選ばれている。

【図面の簡単な説明】

【図 1】この発明に基づく集積光学装置の一実施例の平面図である。

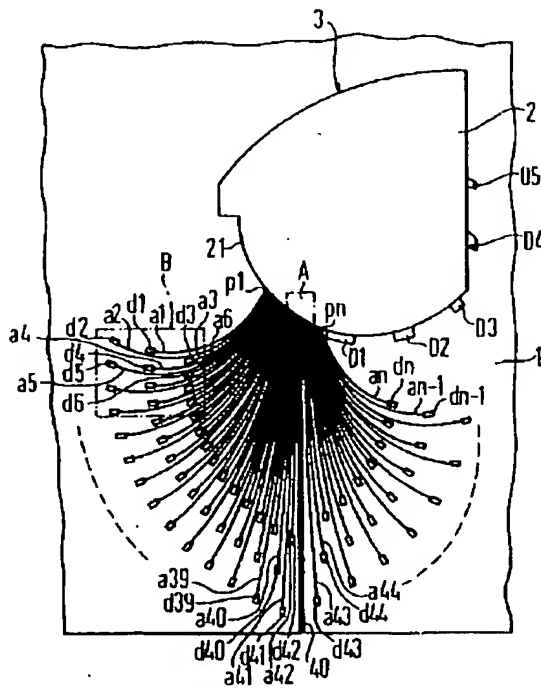
【図 2】図 1 に示す装置の部分 A の拡大詳細図である。

【図 3】図 1 に示す装置の部分 B の拡大詳細図である。

【図 4】図 2 に示す切断線 IV-IV による断面図である。

【図 5】図 3 に示す切断線 V-V による断面図である。

【図 1】



16

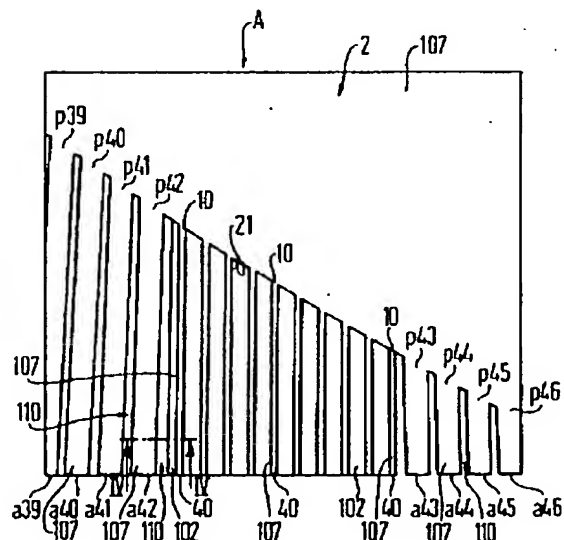
【図 6】図 5 に示す光検出器の平面図である。

【図 7】集積光学装置の別の実施例の平面図である。

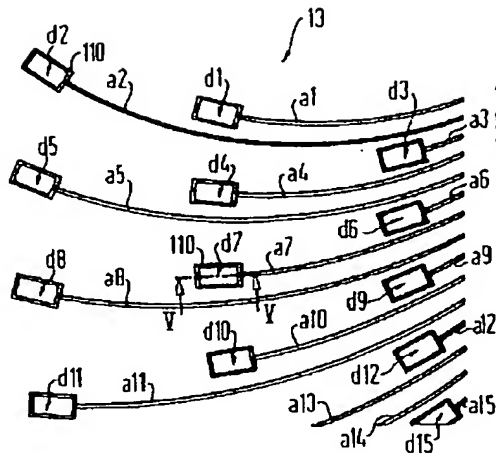
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 屈折導波路
- 3 回折格子
- 4 光増幅器
- 8 光送信器
- 10, 100 入力点
- 21 縁
- 40 入力導波路
- 102 光導波層
- 103 カバー層
- 104 吸収層
- 105 接触層
- 107 マスク層
- 108 電極
- 109 ドーピング
- 119 領域
- 20 a1~an 出力導波路
- d1~dn 光検出器
- p1~pn 出力点
- r1~rn, re 方向
- $\lambda_0, \lambda_1 \sim \lambda_n$  波長チャネル

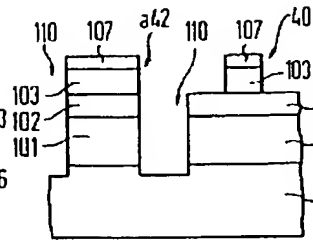
【図 2】



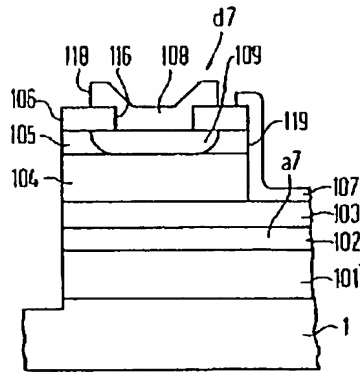
【図3】



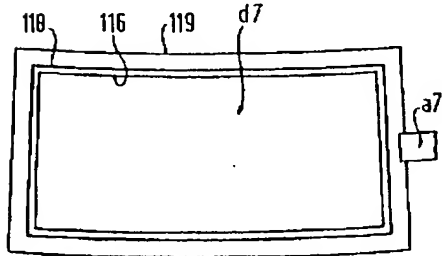
【図4】



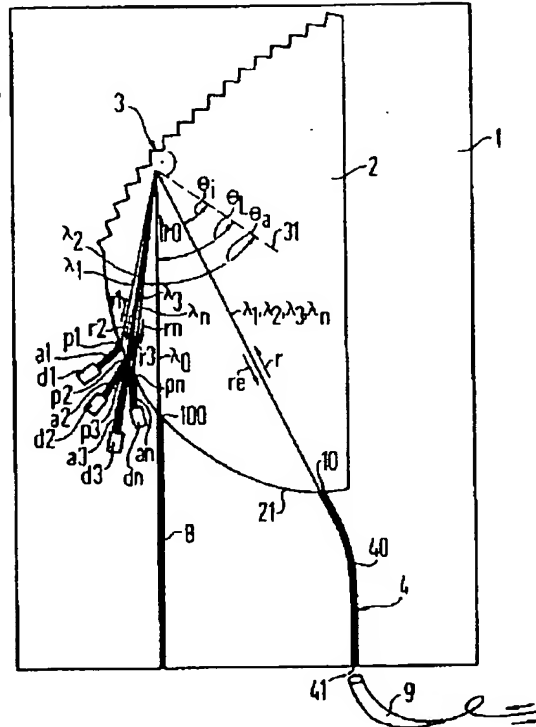
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 ハンス マーライン  
ドイツ連邦共和国 8025 ウンターハツヒ  
ング クヴェリーシュトラッセ 2

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**